

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-240633

(43)Date of publication of application : 26.09.1989

(51)Int.CI.

C22C 21/00
C22C 1/05
C22C 32/00
F02F 5/00

(21)Application number : 63-065257

(71)Applicant : SHOWA ALUM CORP

(22)Date of filing : 17.03.1988

(72)Inventor : MIURA TSUNEMASA

(54) ALUMINUM-BASED COMPOSITE MATERIAL, ITS MANUFACTURE AND PISTON

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain the subject composite material having excellent characteristics in heat-resistant strength, toughness, thermal expansion coefficient and wear resistance by mixing pure Al powder as a matrix and ceramic grains as reinforcing grains into composite powder and subjecting it to hot molding into the prescribed shape.

CONSTITUTION: Al powder as a matrix having $\geq 99.9\%$ purity and ceramic grains as reinforcing grains having $\geq 1,000\text{Hv}$ hardness, $\leq 10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ thermal expansion coefficient, $3\text{--}0.1\mu$ average grain size and 5 $\text{--}20\%$ volume rate are premixed by a mixer. The mixture is subjected to ball mill treatment by a ball mill to manufacture composite powder. The composite powder is packed into a compacting vessel made of Al in the atmosphere of an Ar gas, is subjected to vacuum degassing and is thereafter subjected to hot molding by a hot presser. By this method, the material having excellent heat-resistant strength, toughness, wear resistance and low thermal expansion coefficient in which ceramic grains as dispersion reinforcing grains are uniformly dispersed into the matrix of pure Al material can be obtd.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A) 平1-240633

⑬ Int. Cl.

C 22 C 21/00
1/05
32/00
F 02 F 5/00

識別記号

府内整理番号

Z-6813-4K
7619-4K
7047-4K
E-7708-3G

⑭ 公開 平成1年(1989)9月26日

N-7708-3G 審査請求 未請求 請求項の数 4 (全6頁)

⑮ 発明の名称 アルミニウム基複合材料及びその製造方法並びにピストン

⑯ 特願 昭63-65257

⑰ 出願 昭63(1988)3月17日

⑱ 発明者 三浦 恒正 大阪府堺市海山町6丁224番地 昭和アルミニウム株式会社内

⑲ 出願人 昭和アルミニウム株式会社 大阪府堺市海山町6丁224番地

⑳ 代理人 弁理士 清水 久義

明細書

1. 発明の名称

アルミニウム基複合材料及びその製造方法
並びにピストン

2. 特許請求の範囲

(1) A 2 純度 99.0% 以上の純アルミニウム材をマトリックスとし、かつ硬さ Hv 100 以上、熱膨張係数 $10 \times 10^{-6}/\text{°C}$ 以下、平均粒子径 3~0.1 μm のセラミックス粒子を分散強化粒子として、該分散強化粒子が体積率 Vf 5~20% の割合でマトリックス中に均一分散されてなることを特徴とする、アルミニウム基複合材料。

(2) マトリックスの A 2 純度が 99.5% 以上であり、かつ分散強化粒子が硬さ Hv 150 以上、熱膨張係数 $8 \times 10^{-6}/\text{°C}$ 以下、平均粒子径 1~0.3 μm であり、強化粒子の分散体積率が Vf 10~18% である請求項 (1) に記載のアルミニウム基複合材料。

(3) マトリックスとしての純アルミニウム粉

末と、強化粒子としてのセラミックス粒子とを混合し、ポールミル処理法によって複合粉末としたのち、該複合粉末を所定形状に熱間成形することを特徴とする請求項 (1) または (2) に記載のアルミニウム基複合材料の製造方法。

(4) 請求項 (1) または (2) に記載の複合材料からなるピストン。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

この発明は、車両用のエンジン部品、特にピストンに使用されるアルミニウムベースの複合材料、即ちアルミニウムをマトリックスとして該マトリックス中に分散強化粒子が均一分散された分散強化型のピストン用アルミニウム基複合材料及びその製造方法、並びに該複合材料を用いた内燃機関用ピストンに関する。

従来の技術と課題

内燃機関用ピストンは、150~400°C の高温下にあって物理的に苛酷な条件で使用され

る部品であるところから、その材料は耐熱強度、韧性、耐摩耗性のいずれにも優れ、かつ低熱膨張率のものであることが要請される。

一方において、ピストンは高速で往復運動するため慣性力が大きくなる。従って振動を少なくし、機関の出力を高め応答性を向上するためには、可及的軽量であることが望まれる。

このような要請に対処するための軽量なピストン材料として、従来最も一般的にはAC8A、AC8B等のAl-Si-Cu-Mg-Ni系のLo-Er-Al合金が知られている。

しかしながら、上記のようなLo-Er系アルミニウム合金は、高温強度の面で今一つ不充分である。たとえば引張り強度として200°Cで17kgf/mm²、300°Cで7kgf/mm²程度の強度しか有しないため、充分に満足すべきピストンの薄肉化、軽量化を達成することができなかつた。もとより、他の要求特性である耐摩耗性、韧性、低熱膨張率等の点でも更なる改善が望まれるところであった。

つ硬さHv 1000以上、熱膨張係数 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、平均粒子径3~0.1μmのセラミックス粒子を分散強化粒子として、該分散強化粒子が体積率Vf 5~20%の割合でマトリックス中に均一分散されてなることを特徴とする、アルミニウム基複合材料を基本的な要旨とする。

更に好ましい条件を列挙すれば、マトリックスとするアルミニウム材の純度は99.5%以上であり、強化粒子の硬さはHv 1500以上、同熱膨張係数 $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、平均粒子径1~0.3μmの範囲である。また、強化粒子の分散体積率Vfは10~18%の範囲である。

この発明による複合材の製造は、良く知られている粉末冶金学的手法によるが、強化粒子の均一分散性を向上する目的から、マトリックスAl粉末と強化粒子粉末とを混合し、ポールミル処理によって上記マトリックス材料と強化粒子との間に強い結合を有する複合粉末をつくり、この複合粉末を熱間成形して所定の成形体を得

この発明は、上記のような技術的背景のもと、従来のLo-Er-Al合金よりも更に一層前記の要求諸特性に対して高い満足度を得ることができる特にピストン用のアルミニウム基複合材料と、その製造方法、及び該複合材料によって製造されたピストンを提供することを目的としてなされたものである。

課題を解決するための手段

上記の目的において、本発明者らは、種々実験と研究の結果、粒子分散強化型のアルミニウム基複合材料において、マトリックスとして用いるアルミニウム粉末のAl純度、強化粒子として用いるセラミックス粒子の硬さ、熱膨張係数、粒子径、及び分散含有量の特定範囲の組合せによって、前記従来合金にもまして卓越した耐熱強度、韧性、耐摩耗性、低熱膨張率の諸特性を得ることができることを見出し、この発明を完成した。

而して、この発明は、Al純度99.0%以上の純アルミニウム材をマトリックスとし、か

るものとする手法が好適に採用しうる。上記の成形には、脱ガス処理、熱間圧粉処理による固化ビレットの作成、そしてこのビレットの押出材からの鋳造、さらには粉末鋳造等の粉末冶金の通常の工程を包含する。ピストンは、上記により得られる成形体に更に鋳造、切削、研磨等の所要の二次加工を施して製作される。

次に、この発明における構成要件の各限定期由について説明する。

マトリックスとするアルミニウム材の純度が99.0%以上、特に好ましくは99.5%以上に限定されるのは、次の理由による。即ち、一般にアルミニウム材の耐熱強度をあげるために、それを合金化する手法を探るのが一般的であるが、これに対し粒子分散型の複合材の場合の耐熱強度を決定する強化機構は、アルミニウムマトリックス中に均一に分散されるセラミックス強化粒子及び微細なアルミニウムの酸化物、炭化物と、高密度の転位との相互作用である。

即ち、分散強化粒子は高温下でもマトリックス

中で安定であるため、転位のピン止め効果を高温まで持続し、温度が上っても強度低下を防ぎうることによっている。ところが合金元素は、ピストンが150～400℃の高温にさらされることは相俟って時間とともに析出粗大化し、転位のピン止め効果による強度の保持に寄与しなくなるため、添加することに格別意味がない。むしろ逆に、晶出物、析出物を形成し、韧性を低下させるという有害性の方が増大する。従って、耐熱強度と韧性とを両立させなければならぬピストン用の複合材料としては、高純度のアルミニウム材を用いることの方が有利であり、韧性の低下の不利益を回避するために少なくともAl純度99.0%以上の純アルミニウムを用いることを必要とするものである。最も好ましくは純度99.5%以上のものを用いるべきであるが、99.9%をこえる高純度のものを用いても、さほどの効果の増大は認めず、むしろ材料コストの増大の不利益の方が大きくなるから、それ以下の純度のものゝ使用で必要かつ

充分である。

強化粒子として用いるセラミックスの硬さ、熱膨張係数、粒度、及びその分散量は複合材の耐摩耗性と熱膨張係数を制御する重大な要素となる。セラミックス粒子の硬さがHV1000未満では複合材料の耐摩耗性が劣るものとなる。特に好ましくは硬さHV1500以上のが良い。また、熱膨張係数が $10 \times 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$ をこえて大きいものでは、複合材料の熱膨張係数も大きいものとなり、摩耗、焼き付き等の不具合のためにピストン材として不適当なものとなる。最も好ましくは熱膨張係数が $8 \times 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$ 以下のが良い。上記の硬さ及び熱膨張係数の要請の点から、セラミックス粒子の種類としてはAl₂O₃、SiC等が最適に使用でき、TiO₂、ZrO₂等も好適であるが、MgOは硬さが不足し、かつ熱膨張係数も高いため使用に好適しない。

セラミックス粒子の粒度は、平均粒径が3μmをこえて大きすぎると複合材料の物性が低下

する。逆に0.1μm未満の小さすぎるものでは耐摩耗性が劣化する。従って、韧性、耐摩耗性の両者を満足させるためには平均粒径3～0.1μmの範囲のものを用いるべきであり、最も好ましくは1～0.3μmの範囲のものを用いるのが良い。

セラミックス粒子の分散含有量は、体積率においてVf5～20%の範囲とすることが必要である。体積率が5%未満では複合材の耐摩耗性が悪くなり、かつ耐熱強度の十分な増大効果を望めない。また20%をこえて多い場合は複合材の韧性の低下をもたらす。最も好ましくは10～18%程度の範囲とするのが好適である。

実施例

実施例1

この実施例は、マトリックスとするアルミニウム材のAl純度と複合材の強度及び韧性との関係を調べたものである。

而して、純度を種々異にした平均粒径4.0μmのアトマイズ法によるアルミニウム粉末と、

分散強化用のセラミックス粒子としてのAl₂O₃粒子（平均粒径0.5μm）とを、セラミックス粒子の体積率Vf：15%、全重量1kgに秤量し、ミキサーで2000rpm×4分間予備混和した。

そして、この混合物に、Arガス雰囲気中で3/8"スチールボール30kgを用いたボールミルにより、280rpm×5時間のボールミル処理を施して複合粉を製造した。このボールミル処理工程において焼付防止剤としてエタノール30ccを添加した。

次に、上記によって得た複合粉をArガス雰囲気中でAl製圧粉容器に充填し、 3×10^{-3} torr×5時間の真空脱ガス処理を行ったのち、熱間プレス機により500℃×7000kgf/cm²の条件で圧粉成形を行い、得られたビレットを押出比10:1、押出温度450℃で押出し成形し、丸棒形状の各種のアルミニウム基複合材料を得た。

そして、これらの各種複合材料につき、室温

及び300℃で1000時間保持後の引張り強度を測定すると共に、シャルピー衝撃値（室温、ノック無し）を測定し、現行材としてのAC8A-T6金型鋳造材のそれと比較した。その結果を第1表に示す。なお、マトリックスのA6061、2014材の調質はいずれもT4とした。

第1表：マトリックスのAl純度と複合材の強度及び韌性

マトリックス	σB R.T. (kgf/cm²)	σB 300°C (kgf/cm²)	シャルピー衝撃値 R.T. (kgf·m/cm)
99.99%Al	47.5	31.4	4.4
Al1050 (99.5%Al)	48.4	31.2	4.3
Al1100 (99.0%Al)	50.2	31.5	3.9
A3003 (87.1%Al)	53.1	31.6	3.0
Al6061 (86.8%Al)	59.4	31.1	1.2
A2014 (91.8%Al)	62.8	31.3	0.9
現行材 (AC8A-T6)	27.3	7.2	3.6

そして、この各種複合材の比摩耗量を測定し、現行材AC8A-T6金型鋳造材のそれと比較した。耐摩耗試験は、大越式乾式摩耗試験機により、相手材：FC30、摩擦速度：1.99m/s、摩擦距離：600m、最終荷重：2.1kgの条件で測定した。結果を第2表に示す。

第2表：分散セラミックスの種類と複合材の耐摩耗性

分散セラミックス	セラミックスの硬さ (Hv)	複合材の比摩耗量 (ml/kg)
MgO	600	42×10^{-7}
TiO₂	1000	33×10^{-7}
ZrO₂	1500	27×10^{-7}
Al₂O₃	2500	25×10^{-7}
SiC	3000	25×10^{-7}
現行材 (AC8A-T6)		35×10^{-7}

第1表に示される結果から、定量的には現行のAC8A-T6金型鋳造材より以上の韌性（シャルピー衝撃値で評価）が得られるのは、マトリックスとしてのアルミニウム材にAl純度99.0%以上のものを用いた場合であり、特に99.5%以上であることが好ましく、99.99%の高純度のものを用いても99.5%との間で差異が小さく格別意味がないことが判る。

実施例2

この実施例は、分散セラミックス粒子の種類、特にその硬さと複合材の耐摩耗性との関係を調べたものである。

マトリックス・アルミニウム粒子としてはAl1050（純度99.5%、平均粒径40μm）を用い、強化材としての分散セラミックス粒子（平均粒径0.5μm）に各種のものを用いて、該セラミックス粒子の分散量を体積率Vf：1.5%の一定として、前記実施例1と同様の製法により各類の複合材を得た。

第2表の結果より、現行材AC8A-T6材と同等以上の耐摩耗性を得るためにには、セラミックス粒子として硬さがHv 1000以上のものを用いることが必要であり、Hv 1500以上ではほとんど変化がないことから、Hv 1500以上のものを用いるのが好ましいことが判る。

実施例3

この実施例は、セラミックス粒子の種類、特にその熱膨張係数と複合材の熱膨張係数との関係を調べたものである。

実施例2と同様の材料及び製造方法で得た各種の複合材につき、それらの熱膨張係数を測定して現行材AC8A-T6材と比較した。その結果を下記第3表に示す。

〔以下余白〕

第3表：分散セラミックスの種類と複合材の熱膨張係数

分散セラミックス	セラミックスの 熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	複合材の 熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
MgO	13	22
TiO ₂	10	20
ZrO ₂	8	19
Al ₂ O ₃	7	19
SiC	4	17
現行材 (AC8A-T5)		20

上記第3表により、現行材AC8A-T5材と同等以下の熱膨張係数のものを得るためにには、セラミックス粒子としてもその熱膨張係数が $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下のものを用いることが必要であり、従って、ZrO₂、TiO₂、Al₂O₃、SiC等のセラミック粒子を用いうるが、なかでも熱膨張係数が $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下のものを用いるのが好適であり、TiO₂、Al₂O₃、SiCが好適性を示すことが分かる。

第4表：分散セラミックス粒子径の変化と複合材の
韧性及び耐摩耗性

分散セラミックス 平均粒子径 (μm)	シャルピー衝撃値 (kgf·m/cm)	比摩耗量 (mg/kg) $\times 10^{-7}$
5	2.8	17
3	3.6	18
1	3.8	20
0.8	4.0	23
0.5	4.3	25
0.3	4.4	31
0.1	4.4	35
0.05	4.5	51
現行材 (AC8A-T5)	3.6	35

上記第4表に示されるように、現行AC8A-T5材よりも韧性及び耐摩耗性が劣らないセラミックス粒子の粒子径範囲は、3~0.1μmであり、好ましくは1~0.3μmであることが分かる。

実施例4

この実施例は、分散セラミックス粒子の粒径と複合材の韧性及び耐摩耗性を調べたものである。

マトリックス：A1050（粒径40μm）、セラミックス粒子：Al₂O₃セラミックス粒子の分散体積率Vf 15%とし、セラミックス粒子の平均粒子径を0.1~5μmの範囲で各種に変えたものを用いて、前記実施例1と同様の製法により各種の複合材を製造した。

そして、この各種複合材につき、シャルピー衝撃値（室温、ノッチ無し）、耐摩耗性を測定して現行材AC8A-T5によるものと比較した。耐摩耗性試験は実施例2による場合と同様の条件で行った。結果を第4表に示す。

〔以下余白〕

実施例5

この実施例はセラミックス粒子の分散体積率Vf の変化と複合材の耐摩耗性、韧性、耐熱強度との関係を調べたものである。

分散セラミックス粒子の体積率Vf を0~25%の範囲で各種に変えたほかは、実施例4と同様の材料及び製造方法をもって各種の複合材を製造した。

そして、それらの各種複合材について、耐摩耗性、引張り強度（300℃に1000時間保持後）、シャルピー衝撃値（室温、ノッチ無し）を測定し、現行材と比較した。結果を第5表に示す。

〔以下余白〕

第5表：分散セラミックスVfが変化した場合の複合材の耐摩耗性、耐熱強度及び韌性

分散セラミックス Vf (%)	比摩耗量 (ml/kg) $\times 10^{-7}$	σ_B 800°C (kgf/mm ²)	シャルピー衝撃値 (kgf·m/cm)
0	63	19.3	5.1
5	35	23.3	4.5
8	32	25.6	4.4
10	27	26.7	4.4
15	25	31.2	4.3
18	22	32.0	4.1
20	20	33.1	3.6
25	15	36.2	2.1
現行材 (AC8A-T5)	35	7.2	3.6

上記第5表により、現行材以上の耐摩耗性を付与するためにはセラミックス粒子の分散体積率5%以上が必要であり、また同じく現行材以

上の韌性を得るためにには同体積率を20%以下とすべきことが分かる。現行材を超えて特に良好な結果を得るためにには、上記体積率は10~18%程度の範囲とするのが好適である。

実施例6

マトリックスとして平均粒径40μmのAl_{0.5}O_{1.5}アトマイズ粉末を用い、分散セラミックスとして平均粒径0.5μmのAl₂O₃粒子を用い、その分散体積率を15%として実施例1と同様の製造方法で得た複合材により、添附第1図に示す形状の内燃機関用ピストン(A)を製作した。

該ピストンは、その材料とする複合材が前記実施例4のVf 15%の欄に示した物性を有するところから、現行材のAC8A-T5金型鋳造材を以って製作したピストンに比較して、薄肉化により50%を超える軽量化を達成することができた。

発明の効果

請求項(1)~(3)に記載のこの発明によ

れば、耐熱強度、韌性、熱膨脹係数、耐摩耗性において、従来汎用のAC8A材に較べ総合的に卓越した諸特性を有する複合材を提供することができ、苛酷な条件下で使用される機械部品の用途に好適し、その大幅な軽量化の達成を可能とする。

また、請求項(4)に記載のピストンは、前記実施例5のように従来のAC8A合金製のものに較べて顕著な軽量化を実現できるところから、内燃機関の特性改善、特に騒音低下、出力向上、振動低下に貢献を果しうる。

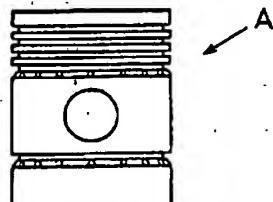
4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の実施例による内燃機関用ピストンの正面図である。

(A)…ピストン。

以上

特許出願人 昭和アルミニウム株式会社
代理人 弁理士 清水久義



第1図